PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 46. | 17. August 1901. | 2. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:
J. Borgmann, Das Leuchten eines verdünnten Gases rings um einen Draht, welcher an einen Induktorpol angeschlossen ist. S. 659.
H. Ebert, Aspirationsapparat zur Bestimmung des Ionengehaltes der Atmosphäre. S. 662.
J. Stark, Bemerkungen zu J. J. Thomsons Theorie der elektrischen Strömung in Gasen. S. 664.
Vorträge und Reden:
H. A. Rowland, Das höchste Ziel des Physikers. S. 667.
Referate:
E. Orlich, Über Einrichtungen und Methoden zur Prüfung von Wechselstromzählern in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. S. 673.
Eingegangene Schriften. S. 674.
Tagesereignisse. S. 674.
Personalien. S. 674.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Das Leuchten eines verdünnten Gases rings um einen Draht, welcher an einen Induktorpol angeschlossen ist.

Von J. Borgmann, St. Petersburg.

Drähte ohne Isolierhülle erscheinen bekanntlich von einer leuchtenden Aureole umgeben, wenn sie mit der sekundären Spirale eines Induktors verbunden sind, und der Stromkreis der letzteren entweder offen oder durch eine Crookessche Röhre geschlossen ist. Ausser der leuchtenden Aureole erscheinen auf den Drähten recht helle Sternchen, die von einander nahezu gleich weit entfernt sind. Um das erwähnte Leuchten eingehender zu untersuchen, stellte ich Versuche mit Drähten an, die Röhren mit Gasen von verschiedener Spannung in der Richtung der Längsachse durchzogen. Grosse Hilfe bei dieser Arbeit haben mir anfangs Herr Petrowski, sodann Herr Afanasjew erwiesen. Die Hauptresultate meiner Beobachtungen habe ich bereits der französischen Akademie mitgeteilt und sind dieselben in den Comptes rendues (**130**, S. 1179 etc.) publiziert worden. In der vorliegenden Abhandlung gestatte ich mir obige Resultate in Kürze darzulegen und gleichzeitig einige numerische Daten anzuführen, welche die beobachteten Erscheinungen illustrieren.

Ich machte meine Beobachtungen an Röhren von verschiedener Länge und verschiedenem Durchmesser (von 50—120 cm Länge und von 3—6 cm Durchmesser). Die Drähte, welche in der Richtung der Längsachse in die Röhren eingeschmolzen waren, bestanden aus Platin und hatten einen Durchmesser von etwa 0,1 mm. Die aus den Röhren hervorragenden Drahtenden waren von mit Quecksilber gefüllten Röhrchen umgeben. Jede Röhre wurde an Kautschukschläuchen in horizontaler Lage in Manneshöhe über dem Erdboden aufgehängt, getragen von besonderen Holzstativen. Das eine Drahtende blieb isoliert, das andere wurde mittelst eines sehr dünnen und langen an Seidenfäden aufgehängten Drahtes mit einem Pole eines Induktors verbunden. Ich benutzte ausserdem noch eine Röhre (von 100 cm Länge und 4 cm Durchmesser), in welcher statt eines Drahtes der Länge nach eine dünne Glasröhre eingeschmolzen war, die man mit Quecksilber oder einer verdünnten Säure füllen konnte. In allen Röhren hatten die beobachteten Erscheinungen den gleichen Charakter. Der eine Induktorpol blieb bei den Versuchen entweder isoliert oder wurde geerdet, der andere dagegen wurde mittelst eines dünnen Drahtes, wie bereits gesagt, mit der zu untersuchenden Röhre oder, was der häufigere Fall war, mit einer Platte eines Kohlrauschschen Kondensators verbunden, dessen andere Platte durch einen dünnen Draht mit der Röhre in Verbindung stand. Ausserdem konnte dem Induktor ein Funkenmikrometer mit Platinkugeln (von 5 mm Durchmesser) auf Quarzfüssen parallel geschaltet werden. Der von mir benutzte Induktor stammte von Carpentier und gab 3 cm lange Funken.

Die Erscheinungen, welche man in den Röhren bei verschiedenem Gasdrucke beobachtete, unterschieden sich sehr wesentlich von einander in zwei Fällen, 1. wenn das Funkenmikrometer nicht eingeschaltet war und 2. wenn die Funkenstrecke desselben weniger als 3 mm betrug. Betrug die Funkenstrecke mehr als 3 mm, so hatten die Erscheinungen denselben Charakter, wie bei fehlendem Funkenmikrometer.

1. Fall. Dem Induktor ist keine Funkenstrecke parallel geschaltet.

Sobald der Induktor in Thätigkeit gesetzt wird, erscheint in unverdünnter Luft am Drahte eine dünne, leuchtende Aureole, und ausserdem heben sich vom Drahte deutliche Sternchen ab, deren Verteilung eine nahezu gleichförmige ist. Wird die Luft verdünnt, so nimmt die Helligkeit der Aureole ab, die Sternchen aber werden immer deutlicher. Bei einem gewissen Grade der Luftverdünnung erscheint um jedes der

Sternchen herum eine schwach leuchtende, dünne Schicht senkrecht zum Draht, einen Teil des Röhrenquerschnitts erfüllend. Bei Erhöhung des Vakuums nehmen die Dimensionen der Schichten und die Zahl sowohl dieser als der in ihrem Centrum befindlichen Sternchen zu. Endlich fallen sie mit einander beinahe zusammen, das ganze Innere der Röhre erfüllend, doch macht sich der geschichtete Charakter des Leuchtens immer noch bemerkbar; bei weiter fortgesetzter Evakuierung verschwindet schliesslich die Lichterscheinung. Alle erwähnten Erscheinungen werden in gleicher Weise wahrgenommen, einerlei, welcher Induktorpol mit dem Drahte der Röhre verbunden ist.

2. Fall. Parallel dem Induktor befindet sich eine Funkenstrecke (die unter 3 mm bleibt).

In diesem Falle bemerkt man schon bei sehr geringer Luftverdünnung einen sehr grossen Unterschied in den Lichterscheinungen rings um den Draht, je nachdem letzterer mit dem positiven oder negativen Induktorpol in Verbindung steht. Mit Zunahme der Luftverdünnung nimmt auch dieser Unterschied in immer erhöhtem Masse zu.

a. Der Draht ist mit dem negativen Induktorpol verbunden.

Bei geringer Luftverdünnung erscheint der Draht von einer zusammenhängenden Aureole umgeben. Bei Zunahme der Luftverdünnung verbreitet sich diese Aureole immer mehr und mehr, nimmt eine purpurne Färbung an und entfernt sich vom Drahte, so dass zwischen ihr und dem Drahte eine relativ dunkle cylindrische Schicht auftritt. Bei weiterer Evakuierung wird die ganze Röhre von der sich ausbreitenden Aureole erfüllt. Sobald indes der Luftdruck bis auf Zehntelmillimeter gesunken ist, tritt eine vollkommen neue Erscheinung auf. In diesem Falle erscheinen auf der inneren Röhrenwandung sehr deutliche dunkelgrüne Ringe, durch Glasphosphoreszenz hervorgerufen; ihre Breite schwankt zwischen 2 und 4 Centimetern, sie sind gleichmässig über die ganze Länge der Röhre hin verteilt und verharren nicht in Ruhe, sondern laufen scheinbar hinter einander an der Röhre hin und rotieren um die Röhrenachse. Im Centrum jedes dieser Ringe erscheint ein heller Fleck von ovaler Form. Die ganze Erscheinung hat das Aussehen sich bewegender und scheinbar sich drehender Räder mit glänzenden Naben, wobei die Entfernung dieser Räder überall die gleiche bleibt. Nähert der isolierte oder auch nicht isolierte Beobachter seinen Finger irgend einer Stelle der Röhre oder nähert man einen mit einer Leydener Flasche verbundenen Draht, so erscheint an der entsprechenden Stelle der Röhre ein phosphoreszierender Ring, während die links und rechts davon vorhandenen Ringe abgestossen werden. Bei einem für jede Röhre bestimmten Verdünnungsgrade erhält sich ein solcher Ring sekundenlang und bisweilen 10, 20 und mehr Sekunden, nachdem der genäherte Finger entfernt worden. Nähert man der Röhre zwei Finger, so ruft jeder von ihnen einen Ring hervor und bleibt der Zwischenraum zwischen ihnen im Innern der Röhre dunkel. Rückt man aber nun die Finger auseinander, so erscheint bei einem für jede Röhre bestimmten Verdünnungsgrade in der Mitte zwischen den hervorgerufenen Ringen ein neuer, dritter Ring. Für jede der Röhren nimmt der hierzu erforderliche Abstand der Finger mit dem Grade der Evakuierung zu (beispielsweise von 20—40 cm). Alle die gelbgrünen Ringe werden im allgemeinen von einem genäherten Leiter abgestossen. Die Breite der Ringe nimmt bei weiterer Evakuierung zu, die Anzahl derselben nimmt dagegen ab. Ist der Gasdruck bis auf Hundertstelmillimeter herabgegangen, so verschwinden die Ringe, dafür aber beginnt die ganze Oberfläche der Röhre in gelbgrünem Lichte zu phosphorescieren. Bei sehr hoher Evakuierung tritt nur an den Enden der Röhre Phosphoreszenz auf. In diesem Falle ruft das Anlegen des Fingers keinen Ring hervor. Ein Magnet wirkt auf die Lage der Ringe ein und diese Wirkung entspricht vollkommen derjenigen, welche Kathodenstrahlen erfahren, die vom Drahte in der Richtung senkrecht zur Länge ausstrahlen.

b. Der Draht ist mit dem positiven Induktorpol verbunden.

Bei der geringsten Luftverdünnung erscheint ausser den am Drahte auftretenden Sternchen ein helles, violettes Leuchten rings um den Draht. Diese letzteren Lichterscheinungen haben die Form dünner, schmaler Sektoren, welche senkrecht zum Drahte in fast genau gleichen Abständen von einander sich befinden. Bei Zunahme der Luftverdünnung nehmen auch die Dimensionen dieser Sektoren zu und schliesslich verwandeln sie sich in völlig regelmässige Kreisscheiben. Die Durchmesser dieser Scheiben nehmen zu sowohl mit Vergrösserung der Funkenstrecke im Mikrometer, als auch mit Verminderung des Abstandes der Kondensatorplatten. Es lässt sich leicht dahin bringen, dass die erwähnten Scheiben den ganzen Röhrenquerschnitt erfüllen. Bei regelmässigem Arbeiten des Unterbrechers bleiben die Scheiben in vollkommener Ruhe. Die Anzahl der auf die Längeneinheit des Drahtes kommenden Scheiben nimmt mit Zunahme des Verdünnungsgrades der Luft ab. Endlich, bei einem für jede Röhre völlig bestimmten Spannungsgrade (von einigen Millimetern) tritt plötzlich eine rapide Abnahme der Schichtenzahl auf (z. B.

von 10 auf 3 pro Dezimeter). Hierbei lässt sich eine Zeit lang gewissermassen ein Kampf ums Dasein der einzelnen Schichten beobachten. Einige der Schichten zeigen eine starke Entwicklung, werden dicker und heller, andere zwischen diesen befindliche fangen an unruhig zu werden, sie rücken am Drahte hin und her, werden bald schwächer, bald heller und verschwinden schliesslich ganz. An Stelle der verschwundenen Scheiben tritt zwischen zwei der benachbarten in ihrer Form veränderten, in völliger Ruhe verharrenden Scheiben ein schwaches nebelartiges Leuchten rings um den Draht auf. Letztere Erscheinung hat die Form eines in die Länge gezogenen Rotationsellipsoids, dessen Achse mit dem Drahte zusammenfällt. Diese Erscheinung der hellen violetten Scheiben ist überaus beständig und nimmt sich sehr schön aus. Falls nur der Unterbrecher regelmässig arbeitet, bleibt die Erscheinung im Innern der Röhre absolut unverändert und die Verteilung der leuchtenden Scheiben eine ganz gleichmässige.

In Röhren von geringerem Durchmesser treten diese Scheiben bereits bei geringerem Verdünnungsgrade auf. Bei Zunahme der Verdünnung nimmt die Dicke der Schichten zu und die ellipsoidische Lichterscheinung zwischen ihnen wird schwächer. Allmählich, bei immer weitergehender Verdünnung der Luft, verändern die Scheiben ihre Form und verwandeln sich in bikonkave Linsen, wobei ihre Helligkeit abnimmt. Die Dicke der Scheiben nimmt mit Zunahme der Verdünnung ebenfalls zu. Ist die Gasspannung auf Zehntelmillimeter herabgegangen, so greifen die Linsenränder in einander über und die Farbe der Lichtlinsen nimmt einen weisslichen Ton an. Im lezteren Falle erscheint die Röhre wie von einem leuchtenden Nebel erfüllt, aus welchem sich regelmässig am Drahte verteilte dunklere Stellen abheben, deren Form eine ellipsoidische ist.

Bei ein und derselben Gasspannung ist der Abstand der benachbarten Lichtlinsen von einander in Röhren von geringerem Durchmesser kleiner, als in Röhren von grösserem Durchmesser. Für ein und dieselbe Röhre wird bei gegebener Gasspannung der Abstand der Lichtlinsen geringer, wenn sich die Funkenstrecke vergrössert.

Als Beispiel seien einige Daten angeführt, die für Röhren von einem Meter Länge und 6 resp. 3 cm Durchmesser gelten:

Funkenstrecke	Abstand der Lichtlinsen (Röhrendurchmesser 6 cm)	Abstand der Lichtlinsen (Röhrendurchmesser 3 cm)
$^1/_3$ mm	6,6 cm	5 cm
$^2/_3$ „	5,7 „	3,57 „
$^4/_3$ „	5 „	3,3 „

Die Zahl der Unterbrechungen des Induktors übt auf den Linsenabstand keinen Einfluss aus. Die Beobachtungen wurden mit Hilfe eines Quecksilberunterbrechers von M. Kohl angestellt. Die Zahl der Unterbrechungen wurde hierbei in den weitesten Grenzen geändert, eine Änderung im Abstande der Lichtlinsen liess sich indes nicht beobachten.

Einen geringen Einfluss auf die Verteilung der Lichtlinsen übte die Zeit aus, während welcher der Strom geschlossen blieb. Wurde der Stift im M. Kohlschen Unterbrecher weniger tief ins Quecksilber gebracht, so wurde die Zahl der auf einen Dezimeter kommenden Lichtlinsen etwas kleiner. Schaltet man dem Funkenmikrometer einen Kondensator parallel oder auch, bringt man am Drahte eine Kapazität an, so nimmt der Abstand der Scheiben oder Linsen zu.

Ein Magnet übt auf die Scheiben und Linsen keinen Einfluss aus.

Bei sehr hohem Verdünnungsgrade verschwinden die dunklen Räume innerhalb der Röhre und letztere ist ganz von einem gleichmässigen, schwachleuchtenden Nebel erfüllt.

Bei sehr hohem Verdünnungsgrade und sehr kurzer Funkenstrecke bleibt das Röhreninnere dunkel, auf dem Drahte jedoch treten schwach leuchtende Ovoïde auf, deren Verteilung eine regelmässige ist und die im allgemeinen nicht in Ruhe bleiben. Die ganze Erscheinung erinnert an die stehenden Wellen, die sich am Faden eines Meldeschen Apparats bilden.

Ist der Verdünnungsgrad ein hoher und man bringt an die Röhre einen Hufeisenmagneten heran, so ruft derselbe an der entgegengesetzten Röhrenwandung zwei Phosphoreszenzstreifen hervor, welche die Form ausgebreiteter Vogelschwingen haben; bringt man den Finger an die Röhre, so entsteht ebenfalls ein Phosphoreszenzfleck.

Sehr hübsche und bei hohem Vakuum (etwa 0,01 mm) für die Eigenschaften der Kathodenstrahlen sehr lehrreiche Erscheinungen erhält man, wenn auf der äusseren Röhrenwandung, parallel dem eingeschmolzenen Drahte ein zur Erde abgeleiteter Stanniolstreifen aufgeklebt ist. Noch interessantere Erscheinungen treten auf, wenn in der Röhre sich zwei der Längsachse parallele Drähte befinden und auf die Aussenwandung, mitten zwischen den Drähten ein zur Erde abgeleiteter, schmaler Stanniolstreifen geklebt ist. Verbindet man beide Drähte einer solchen Röhre mit einem der Induktorpole, so lassen sich alle wichtigeren Eigenschaften der Kathodenstrahlen demonstrieren, wie z. B. die Absorption derselben durch Metalle, die Erwärmung von Metallen durch dieselben (der Draht verlängert und senkt sich in merklicher Weise), der Einfluss einer

sekundären Kathode auf die Kathodenstrahlen, die Bedeutung einer Antikathode, die Einwirkung eines Magneten u. s. w.

Werden die Kondensatorplatten einander bis zur gegenseitigen Berührung genähert, so füllt sich das ganze Innere der Röhre mit einem gleichförmigen, leuchtenden Nebel, einerlei mit welchem Induktorpol die Drähte in Verbindung gesetzt werden, mit dem positiven oder negativen. In diesem Falle kann man, wenn der Induktor ausser Thätigkeit gesetzt ist, in der Röhre ein bis zu 10 Minuten anhaltendes, immer von neuem aufflammendes Nachleuchten beobachten. Die Erscheinung erinnert an diejenige eines Nordlichts.

Eine sehr interessante Erscheinung tritt in einer solchen hochevakuierten Röhre auf, wenn jeder Draht derselben mit einer von zwei Elektroden verbunden ist, die sich am Ende einer in einem Paraffinblock eingelassenen, mit Wasser gefüllten Rinne befinden. Die dritte Elektrode befindet sich hierbei in der Mitte der Rinne und ist mit dem anderen Induktorpol verbunden. In diesem Falle erscheinen, wenn keine Funkenstrecke dem Induktor parallel geschaltet ist, in dem schwachleuchtenden Nebel, welcher das ganze Innere der Röhre erfüllt, mehrere gleichmässig verteilte helle Wölkchen von scharfer Umgrenzung genau in der Mitte zwischen beiden Drähten. Diese Wölkchen sind um vieles heller als das allgemeine Gasleuchten in der Röhre und vollkommen ruhig, wenn nur der Unterbrecher gleichmässig arbeitet (er muss einen recht hohen Ton geben). Obige Wölkchen sind magnetisch sehr empfindlich.

(Aus dem Russischen übersetzt von H. Pflaum.)

(Eingegangen 20. Juli 1901).

Aspirationsapparat zur Bestimmung des Ionengehaltes der Atmosphäre.

Von H. Ebert.

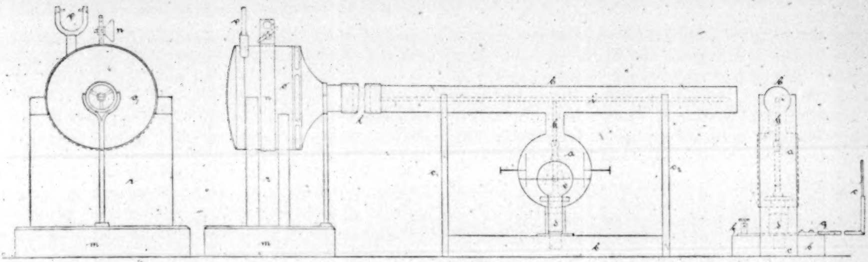
Durch die Untersuchungen von J. Elster und H. Geitel ist gezeigt worden, dass sich die gewöhnliche, freie atmosphärische Luft immer, besonders stark aber bei klarem, sonnigen Wetter wie ein schwach röntgenisiertes Gas verhält, d. h. dass frei bewegliche, positive und negative Ionen in ihr enthalten sind. Der von ihnen konstruierte „Zerstreuungsapparat“[1]) gestattet ein relatives Mass dieses Ionengehaltes aus der Geschwindigkeit abzuleiten, mit der die Ladung eines isoliert in der Luft aufgestellten Metallkörpers von den durch die elektrostatischen Kräfte herangezogenen Ionen neutralisiert wird. Ich stellte mir die Aufgabe womöglich den absoluten Betrag der in einem Kubikmeter Luft in Form von Ionenladungen enthaltenen positiven und negativen Elektrizitätsmengen in elektrostatischen Einheiten zu bestimmen. Dazu wurde ein gemessenes Quantum der zu untersuchenden Luft mittels eines Aspirators durch den Zwischenraum zwischen einem äusseren, geerdeten Schutzcylinder und einem conaxial in diesem liegenden, inneren, isolierten, mit dem Elektroskop verbundenen und geladenen Spannungscylinder hindurchgesaugt. Unter der Wirkung des starken zwischen den beiden Cylinderflächen bestehenden Spannungsgefälles werden die Ionen beider Arten gegen die Wände getrieben und geben hier ihre Ladungen ab, der Spannungscylinder wird allmählich entladen. Da man die Kapazität des als Cylinderkondensator wirkenden Systems berechnen kann, findet man aus der Spannungsabnahme in Volt die neutralisierte Elektrizitätsmenge, die aus der bekannten durchgesogenen Luftmenge leicht auf den cbm umgerechnet werden kann. Die Anordnung ist hiernach derjenigen ähnlich, welche zuerst von J. J. Thomson und E. Rutherford zur Untersuchung der durch Röntgenstrahlen ionisierten Luft verwendet worden ist.[1]) Nur war hier der Isolation besondere Aufmerksamkeit zu widmen, sollten nicht die Verluste durch Stützenleitung von derselben Grössenordnung wie die durch die Luftionen neutralisierten Elektrizitätsmengen werden. Als hinreichend zuverlässig wurde nach vielen Versuchen nur die von Elster und Geitel bei ihrem Elektroskope verwendete Isolation durch einen von einem Metalldach gegen niederfallenden Staub geschützten, im Innern eines durch metallisches Natrium dauernd getrockneten Gehäuses befindlichen Bernsteinstopfen befunden; es war daher am einfachsten den Spannungscylinder direkt auf ein Elster-Geitelsches Elektroskop aufzusetzen.

Die Anordnung im Einzelnen erläutert die Figur durch einen Längsschnitt in der Mitte und je einen Querschnitt der beiderseitigen Endteile zu beiden Seiten.

Der bei Beobachtungen am Boden durch das Gestelle *mr*, bei solchen im Luftballon durch den am Gondeltauwerk befestigten Ring *n* getragene Aspirator *o*, welcher durch den Schlüssel *p* aufgezogen wird, und dessen sehr kräftige Feder wie bei den Assmannschen Aspirationspsychrometern ein Schaufelrad in rasche Umdrehungen versetzt, saugt durch den 40 cm langen, 3 cm weiten Gummischlauch *l* Luft durch die 42,1 cm lange, 2,92 cm im Lichten

1) Vergl. diese Zeitschr. **1**, 11, 1899.

1) J. J. Thomson und E. Rutherford, Phil. Mag. (5). **42**, 392, 1896.



weite, innen und aussen geschwärzte Messingröhre *h*. Diese ist durch einen nach unten gehenden Rohransatz direkt auf den Hals des Elektroskopgehäuses *a* aufgesetzt, und wird durch die mit dem Grundbrett *b* fest verbundenen Stützen c_1 c_2 in ihrer Lage festgehalten. Ehe man die Röhre *h* aufsteckt, wird der innere nur 39.9 cm lange und 0,50 cm dicke ebenfalls geschwärzte Messingcylinder *i* mit abgerundeten Enden eingelegt. In ihm wird der unten zugespitzte Träger *k* eingeschraubt, und nun das Ganze auf das Elektroskop gesetzt, wobei man den Träger *k* in die am Blättchenhalter oben eingetiefte kleine Einsenkung setzt, und durch Eingreifen in die Röhre *h* von beiden Seiten her den Innencylinder genau axial innerhalb des äusseren aufstellt. Die Cylinderflächen haben dann überall einen Abstand von 1,21 cm von einander; der ringförmige Raum zwischen ihnen hat 6,5 cm^2 Querschnitt; bei einer Ladung des inneren Cylinders auf 200 Volt und Erdung des Gehäuses mit dem Schutzcylinder (von der Klemmschraube *f* aus) hat man ein Gefälle von 165 Volt/1 cm. Die Kapazität des Cylindersystems berechnet sich, wenn man den Einfluss des durch den weiten Hals gehenden Trägers und den der inneren Elektroskopteile vernachlässigt zu 11,4 elektrostatischen Einheiten.

Um den auf Volt geaichten Blättchenstand immer wieder in gleicher Weise ablesen zu können, ist unterhalb des Zapfens *d*, auf den das Elektroskop *a* aufgesteckt wird, eine Hülse *g* befestigt, in welche das von einer Stange getragene Diopter *e* eingesteckt wird. Beim Transport wird dieses abgenommen, der Schlauch *l* ausgeschraubt und der Schutzcylinder *h* durch Metallkappen verschlossen.

Damit beim Ansaugen von Luft nicht auch seitlich in das Elektroskop Luft eintritt und die Blättchen bewegt, werden nach Aufstellung des Apparates alle Fugen durch etwas Klebwachs oder Paraffin gedichtet.

Die in der Zeiteinheit durch den Apparat gesogene Luftmenge wurde aus dem Querschnitt der Röhre und der Geschwindigkeit des Luftstromes berechnet. Letztere wurde in der Weise bestimmt, dass vorn an *h* und unmittelbar vor dem Eintritt in den Aspirator kurze Stücke weiter Glasröhren an- bzw. eingesetzt wurden, und nun dem Luftstrom kleine Beimengungen von Rauch beigegeben wurden; aus der mit Hilfe einer Mareeschen Trommel bestimmten Zeit, welche zwischen dem Passieren zweier in bestimmter Entfernung befindlichen Punkte des Röhrensystems verstreicht, wurde aus 11 Messungen eine Geschwindigkeit von nahezu 3 Metern/sec ermittelt. Diese Geschwindigkeit ist grösser als diejenige, welche der Aspirator in Verbindung mit den Thermometern eines Assmannschen Psychrometers erzeugt, weil im vorliegenden Falle der Querschnitt des Luftweges ein viel grösserer ist. Die Wirkungsweise der verschiedenen von mir für den vorliegenden Zweck durchprobierten Aspiratoren wurde mit einem Differentialmanometer geprüft, ähnlich wie es Otto Edelmann gethan hat[1]); dadurch konnte leicht ermittelt werden, wie oft aufgezogen werden musste, damit die Luftgeschwindigkeit einen konstanten Betrag beibehalte.

Wenn der Innencylinder und namentlich die Stütze *k* auch querschnittverengend wirkt, so kann man doch die gemessene Geschwindigkeit nahezu als durchschnittliche ansehen und findet dann, dass in jeder Sekunde nicht ganz 2 Liter durch den Apparat fliessen, oder genauer ein Kubikmeter in rund 10 Minuten hindurchgesaugt wird.

Eine dem Zwischenraum zwischen den beiden Cylindern entsprechende Länge wird von der Luft in etwa 1/7 Sekunde zurückgelegt. Für die Diffusionsgeschwindigkeiten der Ionen röntgenisierter Gase durch die Luftmoleküle hindurch haben verschiedene Methoden in guter Übereinstimmung einige Centimeter für ein Volt/cm Spannungsgefälle ergeben; nehmen wir für die Luftionen nur 1 cm/sec Geschwindigkeit an, so werden bei 200 Volt Ladung des inneren Cylinders die Ionen mit Diffusionsgeschwindigkeiten von 165 cm/sec in radiärer Richtung bewegt. Zur

1) O. Edelmann, Psychrometerstudien. Inaug. Diss. München 1896. Meteorolog. Ztschft. **13**, 332, 1896.

Durchmessung des nur 1,21 cm weiten Zwischenraumes zwischen innerer und äusserer Wand brauchen sie nur 1/137 Sekunde, also nur eine etwa 20mal so kurze Zeit als sie brauchen, um mit der aspirierten Luft die Cylinder entlang getragen zu werden. Verwendet man also Spannungen von der genannten Ordnung, so kann man annehmen, dass durch das elektrische Feld alle Ionen aus der durchgesogenen Luftprobe entfernt werden. Dass dies in der That sehr nahe der Fall ist, wird durch Versuche bewiesen, bei denen zwei der geschilderten Apparate hintereinander geschaltet sind; während in dem zuerst von der Luft passierten erhebliche Spannungsabnahmen eintreten, sind dieselben in dem zweiten sehr gering.

Selbstverständlich wurde vor, sowie nach jeder Beobachtungsreihe eine Kontrollbestimmung ohne Luftstrom angestellt; hierbei war der Blättchenrückgang ein ausserordentlich viel langsamerer als mit Luftstrom, etwa 1 Skalenteil in 20 Minuten, während bei Aspiration der 20- und mehrfache Betrag in derselben Zeit erhalten wurde. Dass auch ohne Luftstrom Entladungen, welche den durch etwa noch vorhandene Isolationsmängel zu erklärenden Betrag übersteigen, vorkommen, stimmt mit der Beobachtung von H. Geitel überein, dass auch in völlig abgeschlossener, ruhender Luft die Zerstreuung niemals ganz aufhört, da sich die Ionen in bestimmter Zeit, wenn auch langsam zu regenerieren scheinen.[1]) Der Wert ohne Strom wurde von dem bei Luftaspiration beobachteten abgezogen.

Zahlreiche Versuche bei den verschiedensten Witterungsverhältnissen ergaben:

1. Der Ionengehalt pro cbm ist bei den verschiedenen meteorologischen Bedingungen ein sehr verschiedener; er ist gross bei klarem sonnigem Wetter und nimmt bei Trübungen der Atmosphäre ab, wie dies schon Elster und Geitel mit dem Zerstreuungsapparate konstatierten. Namentlich, wenn Rauch oder Staub in der Luft ist, sind die erhaltenen Werte klein, ebenso bei grossem Feuchtigkeitsgehalte. Diese Beimengungen können also nicht die Ursachen der beobachteten Entladungen sein.

2. Im Durchschnitt ist der absolute Betrag an Elektrizitätsmenge in der Luft sehr klein; er erreicht bei den bis jetzt angetroffenen Bedingungen am Boden nur Werte in der Grössenordnung einer elektrostatischen Einheit. Die Dissoziation von $\frac{1}{3} \cdot 10^{-14}$ gr Wasserstoff oder $\frac{1}{3} \cdot 10^{-10}$ cbcm dieses Gases würde bereits genügen, um die genannte Menge frei zu machen. Wenn von dem in 1 cbm Luft enthaltenen Sauerstoff nur der 10000 billionte Teil dissoziiert wäre, würden die Ionenladungen dieses Teiles bereits genügen, um die in dem Aspirationsapparate eingefangene Elektrizitätsmenge zu liefern.

1) H. Geitel, diese Ztschft. **2**, 116, 1900 und J. Elster und H. Geitel, **2**, 560, 1901.

3. Thomson und Rutherford geben in der oben zitierten Abhandlung (S. 396 unten) ein Zahlenbeispiel, welches den Vergleich des Ionengehaltes der von ihnen benutzten künstlich ionisierten Luft mit demjenigen der freien Atmosphäre ermöglicht. Danach ist die Ionisation der natürlichen Luft unter gewöhnlichen Verhältnissen bei uns im Sommer am Boden etwa 100000 mal geringer als in dem genannten Beispiele der Ionisation durch schwache Röntgenstrahlen.

4. Nach dem Poissonschen Satze der Potentialtheorie kann man die freie Elektrizität pro Raumeinheit in der Atmosphäre aus der Änderung des Potentialgefälles mit der Höhe berechnen. Legt man etwa die von Le Cadet bei seiner Ballonfahrt am 11. September 1897 gefundenen Zahlen[1]), welche Liebenow zur Ableitung einer einfachen zweikonstantigen Formel benutzt hat[2]), zu Grunde, so erhält man ca. 10^6 mal kleinere Werte als sie der Aspirationsapparat ergeben hat. Dies kann nicht verwundern. Denn in dem Potentiale kommt nur die „freie Elektrizität", d. h. der Überschuss der positiven Ladungen über die negativen im cbm zum Ausdruck. Das Aspirationsverfahren lässt den wahren Inhalt an positiver und negativer Elektrizität gesondert bestimmen. Diese Beträge selbst sind also etwa millionenmal so gross, als der Überschuss an freier positiver Ladung in den über dem negativ geladenen Erdboden liegenden Luftschichten, welche das positive Potentialgefälle im elektrischen Felde der Erde unter normalen Witterungsverhältnissen bedingen.

Das bis jetzt erhaltene Zahlenmaterial ist noch nicht umfangreich genug, um weiter gehende Schlüsse zu rechtfertigen; ich wollte zunächst nur zeigen, wie man auch über die absolute Ionenführung der Atmosphäre Aufschluss erhalten kann, und in welche Grössenordnung die zu erwartenden Beträge etwa fallen.

1) Le Cadet, Compt. rend. **125**, 494, 1897.
2) C. Liebenow, Die atmosphärische Elektrizität. Halle. 1900, p. 8.

München, Juli 1901.

(Eingegangen 24. Juli 1901.)

Bemerkungen zu J. J. Thomsons Theorie der elektrischen Strömung in Gasen.

Von J. Stark.

1. Vor 2 Jahren hat J. J. Thomson im Phil. Mag. (5) S. 267, 1899 eine mathematische Formel abgeleitet zur Darstellung der (selbständigen) elektrischen Strömung in einem Gas,

insbesondere zur Ermittlung des räumlichen Verlaufes des Spannungsgefälles. In zwei neueren Arbeiten (Phil. Mag. (5) **50**, 279, 1900; (6) **1**, 368, 1901) hat er den von A. Schuster[1]) zuerst angedeuteten, von J. S. Townsend[2]) bestimmt ausgesprochene Gedanken weiter verfolgt, dass in einem elektrischen Strome schnell bewegte Ionen durch ihren Stoss aus neutralen Teilchen neue freie Ionen in einem Gas erzeugen. Hiervon ausgehend hat er vor kurzer Zeit in der letztgenannten Arbeit eine neue mathematische Behandlung der elektrischen Strömung in einem verdünnten Gas versucht. Hieran seien folgende Bemerkungen geknüpft.

n Zahl der negativen Ionen in der Volumeneinheit, u ihre Geschwindigkeit, x ihre Bewegungsrichtung, λ ihre mittlere freie Weglänge, e ihre Ladung, X das Spannungsgefälle (Potentialgradient, elektrische Kraft). Unter Benutzung dieser Bezeichnungen drückt Thomson die Forderung, dass die Zahl der negativen Ionen im stationären Zustand konstant sei, durch folgende Gleichung aus:

$$\frac{d}{dx}(nu) = \frac{nu}{\lambda}\left\{f(Xe\lambda) - \beta\right\}$$

f bezeichnet hierin die Funktion, welche die Zahl der von einem Ion durch Stoss erzeugten neuen Ionen darstellt; β bezeichnet die Zahl der Wiedervereinigungen, die ein Ion eingeht.

Für die positive ungeschichtete Lichtsäule ist $\frac{d}{dx}(nu) = 0$, für sie gilt darum $f(Xe\lambda) - \beta = 0$. Thomson behauptet nun auf Grund dieser Gleichung, dass die Grösse $X\lambda$ konstant und unabhängig von der Stromstärke sei. Indem er λ umgekehrt proportional dem Gasdruck p setzt, kann er sagen, dass die Grösse $\frac{X}{p}$ konstant sei.

Es sei hier nicht die Ableitung der obigen allgemein gedachten Formel Thomsons besprochen; es sei lediglich die aus ihr für die positive Lichtsäule gezogene Folgerung mit der Erfahrung verglichen.

In den Messungen W. Hittorfs scheint das Spannungsgefälle in der ungeschichteten positiven Lichtsäule unabhängig zu sein von der Stromstärke. Aber alle späteren Beobachter (A. Herz, C. A. Mebius, E. Wiedemann und G. C. Schmidt, G. C. Schmidt, J. Stark) haben gefunden, dass dies nicht genau ist, dass vielmehr zwischen Spannungsgefälle und Stromstärke die Beziehung besteht $X = a - bi$, wo a und b Konstanten sind.

Nach Messungen von A. Herz[3]) gilt beispielsweise (i = Milliampère) für eine Röhre von 1 cm Durchmesser bei 2,8 mm Druck $X = 80{,}25 - 10i$, für eine Röhre von 2 cm Durchmesser bei dem gleichen Druck $X = 68{,}95 - 3{,}5i$.

Da demnach das Spannungsgefälle X in der positiven Lichtsäule nicht unabhängig von der Stromstärke ist, so kann es auch die Grösse $\frac{X}{p}$ nicht sein. Man könnte vermuten, dass die Konstanz wenigstens für konstante Stromstärke bei variablem Druck gewahrt sei. Dies ist indes gemäss der nachstehenden Tabelle (berechnet nach den Messungen von A. Herz a. a. O. S. 263) nur bei kleinen Stromdichten mit Annäherung der Fall; die oberste Horizontalkolumne der Tabelle giebt die zugehörigen Stromdichten.

Milliampère/cm²	1,528	0,679	0,382	0,246
p		X/p		
8		19,6		
7	20,6	20,0		
6	22,1	20,6		
5	23,4	21,5		
4	24,9	23,0	22,3	
3	25,9	25,4	23,7	
2,5		26,5	24,6	24,1
2		27,7	25,7	24,3
1,5		29,1	27,2	25,0
1			29,8	26,9

Auch für Wasserstoff, Helium und Quecksilberdampf (W. Heuse) ist die Grösse X/p nicht konstant.

Thomson selbst bringt zur Stütze seiner theoretischen Folgerung folgende Tabelle (berechnet nach Messungen von Cl. A. Skinner) bei. In die letzte Kolumne ist von mir die zugehörige Stromdichte gesetzt; in die vorletzte habe ich die Abweichungen von dem Mittelwert $X/p = 40{,}77$ in Prozenten eingetragen.

p	X	X/p	Abweichung in Proz.	Milliampère/cm²
0,6 mm	27 Volt/cm	45	10,3	0,0796
1,0 „	40 „	40	1,8	0,0796
1,5 „	56 „	38[1])	8,4	0,0796

Diese kleine Tabelle spricht deswegen günstig für Thomsons Theorie, weil die Stromdichte klein ist; gleichwohl sind die Abweichungen von dem Mittelwert in dem kleinen Druckgebiet von 0,6—1,5 mm bereits beträchtlich.

2. u Geschwindigkeit der negativen Ionen, v der positiven, k_1 und k_2 Konstanten. Thomson setzt nun $u = k_1\sqrt{X}$, $v = k_2\sqrt{X}$. Nach dem Ohmschen Gesetz gilt bekanntlich $u = \varkappa_1 X$, $v = \varkappa_2 X$.

In seiner früheren Arbeit hätte Thomson gemäss dem Ohmschen Gesetze die Ge-

1) A. Schuster, Proc. Roy. Soc. **37**, 336, 1884.

2) J. S. Townsend, Nature 1900, August; Phil. Mag. (6) **1**, Febr. 1900.

3) A. Herz, Wied. Ann. **54**, 251, 1895.

1) Genauer 37,3.

schwindigkeiten der Ionen proportional der Kraft gesetzt. In der gegenwärtigen lässt er das Ohmsche Gesetz für Gase fallen, indem er die Ionengeschwindigkeiten proportional der Quadratwurzel aus der Kraft setzt. In einer Beziehung bleibt er indes auf dem Standpunkte des Ohmschen Gesetzes stehen; er betrachtet nämlich die Ionengeschwindigkeiten in einem Punkte der Strombahn lediglich als Funktion der gerade in diesem Punkte herrschenden Kraft oder der örtlichen Kraft.

Zu der Quadratwurzel kommt Thomson auf folgende Weise. „Da die kinetische Energie der Ionen proportional $X\lambda$ ist, so können wir setzen $u = k_1\sqrt{X}$, $v = k_2\sqrt{X}$, wo k_1 und k_2 Konstanten sind, die von der Gasdichte abhängen." Nun aber muss λ, die mittlere freie Weglänge der Ionen, im allgemeinen als Funktion der Geschwindigkeit und damit der Kraft betrachtet werden. Die freien Ionen sind nämlich zwischen neutralen Teilchen verteilt; der freie Weg, den sie zwischen diesen zurücklegen können, hängt ab von dem Verhältnis der Geschwindigkeiten der vom Feld bewegten freien Ionen und der neutralen Teilchen. Ist die Geschwindigkeit der Ionen im Vergleich zu derjenigen der neutralen Teilchen sehr gross, so kann man diese als feststehend betrachten und die freie Weglänge der Ionen unabhängig von ihrer Geschwindigkeit setzen. Thomson scheint von dieser Überlegung auszugehen, da er an früheren Stellen seiner Untersuchung von einer sehr grossen kinetischen Energie der Ionen spricht.

Die Frage ist, ob beispielsweise in der ungeschichteten positiven Lichtsäule die Geschwindigkeit der positiven Ionen in Wasserstoff sehr gross ist im Verhältnis zu derjenigen der neutralen Wasserstoffmoleküle. Bei Atmosphärendruck ist die Geschwindigkeit der positiven Ionen in diesem Falle im Mittel (Rutherford, Townsend, Chattok) 3,9 cm sec^{-1} für 1 Volt auf 1 cm. Es sei diese spec. Geschwindigkeit umgekehrt proportional dem Druck gesetzt, dann beträgt sie bei 7,6 mm Druck 390 cm sec^{-1}; unter einem Spannungsgefälle von 150,1 in einer 1,5 cm weiten Röhre bei 1,2 Milliampère Stromstärke ist die Geschwindigkeit 58539 cm sec^{-1}. Zu Gunsten der Annahme Thomsons sei angenommen, dass die vorstehende Extrapolation einen zu kleinen Wert geliefert habe; er sei darum noch mit 10 multipliziert und als Geschwindigkeit der positiven Ionen 585390 cm sec^{-1} gesetzt. Nun aber beträgt die Geschwindigkeit eines Wasserstoffmoleküls bei 0^0 184400 cm sec^{-1}. Die Geschwindigkeit, die ein positives Ion in dem betrachteten Falle auf Grund der Wirkung der elektrischen Kraft annehmen kann, ist also nicht sehr gross im Vergleich zu der Geschwindigkeit der neutralen Teilchen.

3. Zur Bestimmung des Spannungsgefälles X giebt Thomson folgende Differentialgleichung

$$\frac{k_1 k_2}{4\pi e}\frac{2}{3}\frac{d^2 X^{\frac{3}{2}}}{dx^2}$$
$$= \left(\frac{k_1}{k_1+k_2}\frac{i}{\lambda} + \frac{2}{3}\frac{k_1 k_2}{4\pi e\lambda(k_1+k_2)}\frac{dX^{\frac{3}{2}}}{dx}\right)\left\{f(Xe\lambda) - \beta\right\}.$$

Da diese Gleichung für den stationären Zustand die unbekannte Funktion $f(Xe\lambda)$ enthält, so kann sie nicht durch einen Vergleich mit den Beobachtungen geprüft werden. Thomson hält dafür, dass auch eine geschichtete Strömung durch sie dargestellt werde. Indessen folgert er auch, dass eine geschichtete Strömung unstetig sein müsse. Nun aber lassen sich Schichtungen herstellen, an denen man bis jetzt mit keinem Hilfsmittel Unstetigkeit nachweisen konnte.

Die Hauptschwierigkeit, die Thomsonsche Gleichung mit der Erfahrung in Einklang zu bringen, liegt darin, dass Thomson die Anschauung beibehält, die Geschwindigkeit und die kinetische Energie der Ionen und darum auch die von ihnen bewirkte Ionisierung sei eine Funktion lediglich der örtlichen Kraft. Dass dem nicht allgemein so sei, dafür lässt sich ein sicheres Beispiel anführen. Im negativen Glimmlicht hat man eine grosse Geschwindigkeit der negativen Ionen; dies folgt aus der magnetischen Ablenkbarkeit des Glimmlichtes und aus seiner hohen Temperatur. Und doch ist in ihm das Spannungsgefälle kleiner als in allen übrigen Teilen der Strömung.

Das negative Glimmlicht ist es denn auch, das Thomson am wenigsten auf dem Boden seiner Theorie zu erklären vermag. Er verlässt diesen vielmehr und sieht in der grossen Ionisation und dem Minimum des Spannungsgefälles im negativen Glimmlicht eine Wirkung der „Entladungsstrahlen".

Göttingen, 4. Juli 1901.

(Eingegangen 27. Juli 1901.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Das höchste Ziel des Physikers.[1])

Von Henry A. Rowland.[2])

Die Veranlassung, welche uns heute zusammenführt, beschliesst eine Epoche in der Geschichte der Physik in Amerika; möge die Zukunft sie auch als eine Epoche in der Geschichte der Wissenschaft erscheinen lassen, zu deren Pflege unsere Gesellschaft gegründet wurde! Denn unsere Zusammenkunft gilt einer Wissenschaft, welche mehr als andere sich mit den Grundfragen des Universums beschäftigt, mit dem Wesen der Materie, aus der alles, was da ist, besteht und mit dem Äther des Weltenraumes, der allein ein Band zwischen den verschiedenen Teilen der Weltmaterie knüpft, und lägen sie selbst in Entfernungen voneinander, die wir niemals zu durchschreiten hoffen können, so weit auch unser Wissen in Zukunft noch fortschreiten mag.

Wir, die ihr Leben der Lösung physikalischer Probleme gewidmet haben, vereinigten uns, um uns gegenseitig zu helfen und die Interessen eines Gegenstandes zu fördern, der uns am Herzen liegt, eines Gegenstandes, der an die bessere Seite unserer Natur appelliert, und dessen Probleme an unsere Geisteskraft die höchsten Forderungen stellt und sie zu den höchsten und edelsten Ideen emporweist.

In einem Lande, in dem die Doktrin von der Gleichberechtigung der Menschen in die Lehre von der Gleichheit der Menschen in anderer Hinsicht verkehrt wurde, bilden wir eine kleine und eigenartige Gruppe von Leuten, eine neue Art der menschlichen Rasse, wie eine unserer ersten wissenschaftlichen Grössen sagte, und pflegen Anschauungen über die höchsten Errungenschaften im Leben, die von jenen unserer Umgebung gar sehr abweichen. In dieser Beziehung sind wir eine Aristokratie, nicht des Reichtums und der Stammesherkunft, sondern des Geistes und der Ideale, die den am höchsten schätzt, der unser Wissen am reichsten erweitert oder in ihm das höchste Gut erkennt.

In diesem Geiste vereinigen wir uns in enger Ideengemeinschaft, um Wissen auszutauschen, und wollen wir uns immer zusammenfinden im vollen Bewusstsein des Nutzens, der daraus für uns und möglicherweise auch für unsere Wissenschaft entspringt. Vor allem, lassen Sie den Gedanken der Würde unserer Aufgabe in uns feste Wurzeln schlagen, damit uns dieses Gefühl inmitten einer Welt aufrecht erhält, die nicht der Forschung in der reinen, unmateriellen Physik, deren Pflege unsere Gesellschaft dient, ihr höchstes Lob zollt, sondern demjenigen, der sie mehr zur Befriedigung der physischen als der geistigen Bedürfnisse der Menschheit verwendet. Wer zwei Grashalme dort baut, wo früher nur einer wuchs, ist der Wohlthäter der Menschen; aber er, der im stillen arbeitete, um die Gesetze dieses Wachstumes zu finden, steht geistig höher und ist in Wirklichkeit der grössere Segenspender.

Wie stehts nun in unserem Lande in dieser Beziehung? Meine Antwort muss noch immer, wie vor fünfzehn Jahren sein, dass viel der Geisteskraft unseres Landes für sogenannte praktische Wissenschaft verbraucht wird, und dass nur wenig Geist und Geld dem edleren Teile der Aufgabe, der an den Verstand sich wendet, gewidmet wird. Doch beweist Ihre Gegenwart, dass dieser Zustand nicht für immer bestehen bleiben wird.

Schon in der Vergangenheit finden wir einige Namen, welche die wissenschaftliche Welt überall verehrt: Franklin, der die Lehre von der Elektrizität durch einige einfache aber bedeutungsvolle Experimente fast völlig umgestaltete; Graf Rumford, dessen Versuche die Natur der Wärme fast direkt vor Augen führten; Henry, der viel für den Fortschritt der Physik gethan haben könnte, wenn er die Resultate seiner Untersuchungen vollständiger veröffentlicht hätte; Mayer, dessen einfache und geistreiche Versuche für viele eine Quelle der Freude und der Belehrung waren. Das ist die dürftige Liste jener, deren Tod mir von ihnen zu sprechen erlaubt, und die durch ihre Arbeit für den Fortschritt unserer Wissenschaft hier Erwähnung

1) Präsidialrede, vor der Physical Society of America gehalten am 28. Oktober 1899 zu New-York; Americ. Journ. of Science (5) **10**, 825—833, 1899.

2) Henry A. Rowland ist am 16. April 1901 in seinem Heim in Baltimore, 52 Jahre alt, gestorben. 1848 geboren, wurde er nach einer kurzen Bethätigung als Eisenbahningenieur und dann als Lehrer, 1875 zum Professor der Physik und Direktor des Physikalischen Laboratoriums der Johns Hopkins Universität zu Baltimore erwählt.

Von den amerikanischen Physikern ist er einer der bekanntesten, namentlich durch seinen berühmten, 1875 im Helmholtz'schen Laboratorium durchgeführten Nachweis der magnetischen Wirkung konvektiv bewegter statischer Elektrizität, sowie vor allem durch die Konstruktion und theoretische Durcharbeitung seiner, in der ganzen Welt verbreiteten Beugungsgitter und das damit photographisch fixierte und durchgemessene Sonnenspektrum. Von seinen sonstigen Arbeiten sind seine Ohmbestimmung, sowie die Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes nicht minder bedeutsam. Weitere Arbeiten beziehen sich auf magnetische Fragen und die Theorie des Halleffektes. Auf der Pariser Weltausstellung erregte eine von ihm durchgearbeitete Wechselstromtypentelegraphie Aufsehen, über die demnächst in dieser Zeitschrift ausführlich berichtet werden wird.

Schon lange vor seinem Tode hatten wir die Erlaubnis erhalten, die folgende Rede abzudrucken. Sie wird jetzt zu seiner Gedächtnisrede auf sich selbst, durch welche der ernsten wissenschaftlichen Persönlichkeit und dem Geiste des bedeutenden Forschers auch von uns ein ehrendes Andenken gezollt sei. H. Th. S.

verdienen. Und doch erstreckt sich die Liste auf mehr als hundert Jahre. Wie anders, wenn ich jene aufzählen sollte, die nützliche und wertvolle Erfindungen machten!

Doch Ihr Anblick, der strebsame Geist und edle Wille in den jugendfrischen, kräftigen Gestalten belehren mich, dass der Schriftsteller der vergangenen hundert Jahre nicht länger gegen unser Land einen solchen Vorwurf erheben darf. Auch dürfen wir unsere Vorfahren nicht tadeln. Der Fortschritt jeder Wissenschaft offenbart uns die Bedingungen für ihr Gedeihen. Nur ganz vereinzelte Persönlichkeiten haben, wenn sie in einem halbzivilisierten Lande abgeschlossen leben, den Wunsch oder die Möglichkeit, die höheren Zweige des Wissens zu verfolgen. Und sollten sie auch im Stande sein es zu thun, ihr Einfluss auf die Wissenschaft hängt von dem ab, was sie veröffentlichen und der Welt bekannt geben. Der Forscher in der Einsiedelei kann viele nützliche Entdeckungen machen; solange er sie aber für sich selbst behält, kann er nicht den Anspruch erheben, der Welt in irgend einer Weise genützt zu haben. Seine nicht veröffentlichten Resultate sind ein privater Gewinn, aber die Welt hat davon nichts, solange er sie nicht in einer Weise bekannt gemacht hat, die die Aufmerksamkeit auf sie lenkt und die Welt von ihrer Wahrheit überzeugt. Es ist darum für die Förderung einer Wissenschaft das Beste, was wir thun können, in ihrem Interesse zusammen zu kommen, ihre Probleme zu erörtern, unsere Arbeiten gegenseitig zu kritisieren und, was das Beste ist, dafür zu sorgen, dass das Beste der Welt bekannt wird. Und ferner, lassen Sie uns einen Unterschied in unseren Gedanken und Werken machen. Lassen sie uns die Momente hervorheben, wenn grosse Gedanken in unser Fach getragen werden und lassen Sie uns die grossen Männer ehren, die sie einführten und als richtig erwiesen. Lassen Sie uns die albernen Ideen von der Gleichheit der Menschen zurückweisen und gewissenhaft dem grösseren Manne die grössere Anerkennung zollen. Bei der Auswahl der Fragen unserer Untersuchungen lassen Sie uns, wenn möglich, solche Probleme in Angriff nehmen, welche schliesslich unser Wissen über eine grosse Frage einen Schritt weiter führen. Ich weiss wohl, dass wir das nicht immer können, unsere Gedanken bewegen sich oft auf Seitenwegen; aber mit den grossen Problemen des Universums im Auge werden wir manchmal im stande sein, etwas zum grösseren Endzwecke beizutragen.

Was ist die Materie? Was ist die Gravitation? Was ist der Äther und die Strahlung durch ihn hindurch; was ist Elektrizität und Magnetismus; wie hängen sie miteinander zusammen und in welcher Beziehung stehen sie zur Wärme? Das sind die grossen Probleme des Weltalls. Aber wir müssen viele unendlich viel einfachere Fragen in Angriff nehmen und lösen, ehe wir über die Lösung der grösseren auch nur Mutmassungen aufstellen können.

Wie stehen wir diesen grossen Problemen gegenüber und worauf ist unsere Kenntnis gegründet?

Newton und die grosse Reihe seiner astronomischen Nachfolger haben bewiesen, dass innerhalb planetarischer Entfernungen Materie andere Materie mit einer Kraft anzieht, welche sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung ändert. Welche Art von Beweis haben wir für dieses Gesetz? Es ist aus astronomischen Beobachtungen der Planetenbahnen abgeleitet; es stimmt innerhalb dieser immensen Räume vortrefflich; aber wo ist der Beweis dafür, dass das Gesetz für kleinere Entfernungen bestehen bleibt? Wir messen die Mondentfernung und die Grösse der Erde und vergleichen die Kraft in dieser Entfernung mit der Gravitationskraft an der Erdoberfläche; dass aber können wir nur, wenn wir die Masse der Erde mit jener der Sonne vergleichen und dies können wir nur, indem wir die Richtigkeit des Gesetzes annehmen. Wenn wir ferner im Cavendish-Experiment von der Erdgravitation zu jener zwischen zwei kleineren Körpern übergehen, nehmen wir die Giltigkeit des Gesetzes an und leiten aus ihm die Masse der Erde in unseren Masseneinheiten ab. Wenn wir daher sagen, die Masse der Erde sei $5\frac{1}{2}$ mal so gross, wie die eines gleichen Volumens Wasser, so nehmen wir an, das Gravitationsgesetz sei das Newtonsche. Es ist somit ein Beweis dafür, dass das Gesetz von planetaren bis zu irdischen Entfernungen richtig sei, physikalisch nicht zu erbringen.

Für den Teil des Gesetzes, der besagt, dass die Massenanziehung proportional mit der Quantität der Materie ist oder was auf dasselbe hinausläuft, dass die Anziehung eines Körpers gegen einen andern durch die Gegenwart eines dritten nicht geändert wird, haben wir nur einen schwachen Beweis, indem wir mittelst der Wage Körper in verschiedenen relativen Lagen zu einander wiegen; in grösseren Dimensionen wird der Beweis hinfällig. Erst wenn wir die Sonne in zwei Teile zerlegen und beweisen könnten, dass jede der Hälften halb so stark anzieht als das Ganze, hätten wir einen Beweis, welcher der Rede wert wäre.

Was können wir bezüglich des Zusammenhanges zwischen Gravitation und Zeit sagen? Können wir auch nur einen Augenblick glauben, dass zwei mit grossen Geschwindigkeiten sich durch den Raum bewegende Körper dieselbe Gravitation erfahren, wie wenn sie ruhten? Ich glaube, nein! Ebensowenig können wir den Laplaceschen Beweis anerkennen, dass die

Gravitationskraft momentan durch den Raum hindurch wirkt; denn wir können ohne Schwierigkeit kompensierende Faktoren uns denken, an die Laplace nicht dachte.

Wie wenig wissen wir also von diesem Gesetze, das seit 200 Jahren der Prüfung unterliegt.

Wie haben sich unsere Ansichten über die Materie selbst geändert und wie sehr ändern sie sich noch immerfort! Das runde harte Atom Newtons, dass nur Gott in Stücke brechen konnte, ist zu einem Molekül geworden, das aus vielen Atomen besteht, und jedes dieser kleinen Atome ist so elastisch geworden, dass seine Amplitude noch nach 100000 Schwingungen ungemindert bleibt. Es ist so kompliziert geworden, dass es in tausendstimmigem Akkord schwingen kann. Wir bedecken das Atom da und dort mit Elektrizität und machen aus ihm ein System, im Vergleich zu dem das Planetensystem, ja selbst die Sonne die Einfachheit selbst ist. Ja noch mehr: einige unter uns behaupten die Gewalt zu haben, die Newton bloss Gott allein zuerkannte, das Atom in so kleine Bruchstücke zu zerlegen, dass kaum die Phantasie ihre Grösse noch erfassen kann. Wer könnte da so thöricht sein, das Studium der Materie materialistisch und niedrig zu nennen? Wer ist ferner so gottbegnadeten und erleuchteten Geistes, dass er ihre Probleme anzugreifen und zu lösen vermöchte?

Jeder Masse schreiben wir zwei Eigenschaften zu, Gravitation und Trägheit. Masse, welche diese Eigenschaften verliert, ist keine Masse mehr. Das grösste Naturgesetz stellt fest, dass die Kraft der Gravitationsanziehung der Masse der Körper proportional ist. Dieses Newtonsche Gesetz, das von den Physikern geradezu gedankenlos hingenommen wird, hat ohne Zweifel grösste Bedeutung und tiefsten Inhalt. Bedeutet es, dass alle Materie im letzten Grunde aus gleichen und ähnlich gearteten Uratomen besteht, oder können wir eine andere Erklärung finden?

Dass die Massenmoleküle nicht rund sind, lehren uns die Thatsachen der Krystallographie und die Wirkung der Materie, welche wir in der Drehung der Polarisationsebene des Lichtes erkennen.

Dass Teile der Moleküle und selbst der Atome elektrisch geladen sind, lehren uns die Elektrolyse, die Wirkung der Gase in Vakuumröhren und der Zeemaneffekt.

Dass einige derselben wie kleine Magnete wirken, zeigt uns die magnetische Wirkung von Eisen, Nickel und Kobalt.

Dass sie elastisch sind, zeigt das Spektrum und dass sie die elektrische Ladung mit sich führen, ist durch den Zeemaneffekt erwiesen.

Damit sind wir in die Behandlung des Problems eingetreten; wie viel fehlt aber noch bis zur endgültigen Lösung? Welche Vorstellung können wir uns von dem Material bilden, aus dem gewöhnliche oder Uratome gemacht sind, nachdem wir uns faktisch nur mit Gruppen von Atomen beschäftigen können? Für ewig unserer Wahrnehmung entzogen, fast unzählige Male in der Sekunde hin- und zurückschwingend, bald da bald dort in ruheloser Bewegung bei allen Temperaturen oberhalb des absoluten Nullpunktes, sind sie ein Triumph der menschlichen Vernunft und Einbildungskraft und setzen uns in Erstaunen über unser bereits erreichtes Wissen. Ermutigt durch diese Erfolge, wollen wir nicht länger in beschaulicher Betrachtung bei ihnen verweilen, sondern vorwärts dringen zu neuen Entdeckungen, die unser in der Zukunft harren!

Die Elektrizität! Der flüchtige Geist des Bernsteines, der Dämon, der seine gierigen Arme ausstreckt, um leichte Körperchen zu sich heranzuziehen, die Flüssigkeit, welche mit grösster Leichtigkeit durch die Metalle eilt und doch wiederum durch ein Stück Glas zum Stillstand gebracht wird! Wo sind sie jetzt? Verschwunden, zu dem grossen Haufen entkräfteter Theorien gelegt, um durch die viel feinere und erhabenere Theorie der Wirkung des Weltenäthers ersetzt zu werden.

Und so kommen wir zur Betrachtung der zweiten grossen Wesenheit — des Äthers: unbegrenzt den ganzen Raum erfüllend, bildet der Äther in unserer Vorstellung die einzige Vermittelung, durch welche zwei räumlich getrennte Massen einander gegenseitig beeinflussen. Durch seine Vermittelung ist in unserer Vorstellung durch die Gravitationskraft und oft durch die Kräfte der Elektrizität und des Magnetismus jedes Atom im Weltenraume mit allen anderen verknüpft; er ist der Träger, der die Schwingungsbewegung jedes Atoms und Moleküls in den Raum hinaus fortpflanzt, wo sie sich in endlose Strahlung auflöst, die sich in das Unendliche verbreitet oder durch andere Atome absorbiert wird, die ihr gerade in den Weg kommen. Er ist der Träger aller elektromagnetischen Energie, mag sie von der schwachen Anziehung geriebenen Bernsteins ausgehen oder in den vielen tausend Pferdekräften spielen, die durch elektrische Drähte vom Niagara kommen oder den mächtigen Energiestrom bilden, der immerwährend in der Strahlenflut der Sonne uns zugesandt wird. Alle diese Wirkungen, ob schwach, ob stark, ob in molekularen oder planetaren oder Fixsternentfernungen auftretend bis zu den gewaltigen Entfernungen die das Universum umschliesst — sie alle sind in diesem wunderthätigen Äther vorhanden.

Und doch, so geheimnisvoll er ist, seine Gesetze sind viel einfacher als die der Materie. Jede Welle in ihm, schreitet in ihm unabhängig

von Länge und Intensität nach wohlbekannten Gesetzen fort, jede mit der gleichen Geschwindigkeit, in unveränderter Richtung von ihrem Ursprung in der elektrisierten Materie aus, bis zu den Grenzen des Universums mit demselben Energieinhalt, solange sie nicht durch die Anwesenheit von Materie gestört wird. Wie auch die Wellen sich durchkreuzen mögen, jede schreitet für sich fort, ohne von den anderen behindert zu werden.

In gleicher Weise haben wir hinsichtlich der Gravitation keinen Anhaltspunkt dafür, dass die Anwesenheit eines dritten Körpers die gegenseitige Wirkung zweier anderer beeinflusst oder dass die Anwesenheit einer dritten Elektrizitätsmenge die gegenseitige Anziehung zweier anderer beeinflusst. Und ebenso ist es beim Magnetismus.

Aus diesem Grunde sind die Gesetze der Gravitation und der elektrischen und magnetischen Wirkung, einschliesslich der Strahlung, die einfachsten aller Gesetze, wenn wir uns auf ein sogenanntes Vakuum beschränken, und werden um so verwickelter, je mehr wir sie auf massenerfüllte Räume anwenden.

Wir können den Äther den grössten elektrostatischen, magnetischen oder Gravitationskräften unterwerfen und finden keinerlei Anzeichen eines Zusammenbruches oder auch nur einer Änderung seiner Eigenschaften. Wir können ihn durch einen so heissen Körper wie die Sonne in Schwingungen versetzen und durch ihn Tausende von Pferdekräften pro Quadratfuss Sonnenoberfläche übertragen, und er bleibt so ruhig und folgt scheinbar so genau den nämlichen Gesetzen als ob er die Energie einer Talgkerze übertrüge.

Wir können einen Millimeter Äther der Spannung vieler Tausende, ja Millionen von Volt aussetzen, und doch nehmen wir kein Zeichen des Zusammenbruchs wahr.

Darum sind die Eigenschaften des Äthers ideal einfach und führen zu den einfachsten Gesetzen. Alle durch die Entfernung wirkenden Kräfte gehorchen dem Gesetze des umgekehrten Quadrates der Entfernung und rufen an einzelnen Teilchen, welche nahe bei einander liegen, eine Anziehung hervor, welche gleich ist der arithmetischen Summe der Anziehungskräfte, die an den getrennten Teilchen wirken. Dasselbe gilt für das einfache, oben erwähnte Gesetz der Ätherwellen.

Zur Zeit dürfen wir, dank den Arbeiten von Maxwell und den Ergänzungen von Hertz und anderen, den grossen allgemeinen Schluss ziehen, dass alle wellenartigen Störungen im Äther elektromagnetischer Natur sind. Wir kennen keine oder nur schwache Ätherstörungen, welche durch die Bewegung der reinen Materie ausgelöst werden können: nur wenn die Materie elektrisch geladen ist, ist sie mit dem Äther genügend fest verknüpft, um ihre Bewegung auf den Äther zu übertragen. Der Zeemaneffekt beweist dies selbst für den Fall, wo Moleküle in Frage kommen und die Schwingungszahl ausserordentlich gross ist. Der Versuch über die magnetische Wirkung eines elektrischen Konvektionsstroms beweist das nämliche. Elektrisiert man eine bewegte Scheibe, so scheint es, als halte die Scheibe den Äther fest und nehme ihn bei der Bewegung mit, indem dabei jene merkwürdige Ätherbewegung verursacht wird, die wir mit Magnetismus bezeichnen.

Haben wir nicht einen anderen Fall ähnlicher Art, wenn sich eine grosse, gravitierende Masse wie die Erde um ihre Achse dreht? Ist nicht die Materie genügend fest mit dem Äther in Verbindung, um den Erdmagnetismus hervorzurufen?

Freilich zeigte der Lodgesche Versuch, welcher eine solche Wirkung beweisen sollte, dass die Verbindung ausserordentlich schwach sein muss. Wäre sein Versuch nicht geglückt, wenn er seine rotierende Scheibe elektrisch geladen hätte?

Irgend eine Erscheinung zu finden, welche mit der Relativbewegung von Äther und Materie zusammenhängt, ist ein lebhafter Wunsch der Physiker. Leider finden wir, mit nur einer möglichen Ausnahme, dass immer ein kompensierender Faktor auftritt, welcher unsere Bemühungen nutzlos macht. Dieses eine Experiment ist die Aberration des Lichtes, und selbst für sie hat Stokes zweierlei Möglichkeiten der Erklärung dargethan: erstens die, dass die Erde sich durch den Weltenäther bewegt, ohne ihn zu stören, und zweitens die, dass, im Falle die Erde den Äther mitbewegt, eine Art von wirbelfreier (irrotational) Bewegung auftritt. Es hängt aber auch hier die Grösse der Wirkung wahrscheinlich von der Relativbewegung der Lichtquelle gegenüber dem Beobachtungsfernrohr ab.

Auch das Dopplersche Prinzip bezieht sich auf diese Relativbewegung und hängt nicht vom Äther ab.

Die Foucaultschen Versuche über den Durchgang des Lichtes durch bewegtes Wasser dürfen nicht mehr durch eine teilweise Mitbewegung des Äthers mit dem bewegten Wasser erklärt werden, wie eine unvollständige Theorie geschlossen hatte. Denn der Lodgesche Versuch, den Äther durch eine rasch rotierende Scheibe in Bewegung zu setzen, misslang.

Der Michelsonsche Versuch, den „Ätherwind" nachzuweisen, zeigte gleichfalls keine Relativbewegung zwischen Äther und Materie, obwohl dieser Versuch mit der grössten Empfindlichkeit arbeitete.

Nur elektrisch geladene Materie hält den

Äther fest und bewegt ihn so, wie es die magnetische Wirkung fordert.

Bewegen sich elektrisch geladene Körper nebeneinander durch den Raum oder relativ zu einander, so können wir ihre gegenseitige Wirkung nur für sehr kleine und gleichförmige Geschwindigkeiten verfolgen. Bewegen sie sich mit Geschwindigkeiten, welche mit der des Lichtes vergleichbar werden, oder noch rascher, so können wir ihren Einfluss auf den Äther nur im Lichte unserer Einbildungskraft studieren, ohne die sichere Führung des Versuchs. Die Schlussfolgerungen von J. J. Thomson, Heaviside und Hertz sind alle nur Resultate der Phantasie; die Annahmen, auf denen sie ruhen, sind zwar mehr oder weniger verständlich, aber sie bleiben doch immer Annahmen. Eine mathematische Untersuchung befolgt stets das Gesetz der Erhaltung des Wissens: wir bekommen aus ihr nie mehr heraus, als wir in sie hineinstecken. Was sie lehrt, kann seine Form ändern und kann klarer und richtiger formuliert werden, allein das Gesamtwissen, das wir über einen Naturvorgang aus der Untersuchung erhalten, ist nach der Untersuchung nicht grösser als es vor derselben war. Wir können daher die Folgen von unkontrollierbar grossen Geschwindigkeiten nicht vorhersagen, und solche Berechnungen, wie die der Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen, die man an ihre elektromagnetische Wirkung anschliesst, behalten einen hohen Grad der Unsicherheit, was wir nicht vergessen dürfen.

Ja, fragen wir nach dem thatsächlichen Wissen, so müssen die Grenzen sehr enge gezogen werden.

Wie kommt es da, dass wir Physiker und andere immerfort Behauptungen darüber aufstellen hören, was jenseits dieser Grenzen gilt? Nehmen wir zum Beispiel Geschwindigkeiten eines materiellen Körpers, die mit der Lichtgeschwindigkeit vergleichbar sind. Es giebt keinen bekannten Vorgang, bei dem eine derartige Geschwindigkeit auftreten könnte, selbst wenn ein Körper aus unendlicher Entfernung auf die grösste Masse im Weltenraume fallen würde. Elektrisieren wir den Körper wie es in den Kathodenstrahlen der Fall ist, so ändern sich seine Eigenschaften dermassen, dass seine Masseneigenschaften durch die elektromagnetischen vollständig verdeckt werden.

Es ist unter angehenden Physikern ein weitverbreiteter Fehler, ein Gesetz oder eine Kurve oder einen mathematischen Ausdruck für ein bestimmtes Versuchsintervall aufzustellen und sie dann zur Auffindung von Werten zu verwenden, welche ausserhalb liegen — zu extrapolieren, wie man sich ausdrückt. Ein solches Vorgehen ist, wenn man sich nicht peinlich in acht nimmt, kein Denkprozess mehr, und führt zu Phantasterei, die sehr leicht zu Fehlschlüssen führt, wenn die extrapolierten Werte zu weit ab liegen.

Doch ich will nicht zu sehr ins einzelne eingehen. Ich habe genügend viele Beispiele gegeben, um zu zeigen, wie wenig wir auf die tieferen Fragen unseres Faches antworten können.

Es ist eine merkwürdige Thatsache: unser Geist sucht nach dem Unendlichen, unsere Gedanken sind nicht an Raum und Zeit gebunden, und doch sind die Grenzen unseres exakten Wissens so ausserordentlich beschränkt! Die Zeitgrenze liegt innerhalb hundert oder vielleicht tausend Jahre: ja für unsere Wissenschaft ist sie noch enger zu setzen, als die erstere. Unser exaktes Wissen über den Raum beschränkt sich auf Teile unserer Erdoberfläche und etwa ein oder zwei Kilometer unterhalb; nur wenn wir durch starke Fernrohre sehen, können wir noch einige Kenntnis über das, was darüber hinaus im Weltenraume liegt, gewinnen. Unsere Kenntnis von Temperaturverhältnissen erstreckt sich ungefähr etwa vom absoluten Nullpunkt bis zu Temperaturen der Sonne, allein positiv kennen wir nur ein viel kleineres Intervall. Unsere Drucke reichen von dem des Crookesschen Vakuums, das noch Milliarden von bewegten Atomen enthält bis zu der Druckgrenze, welche uns die Festigkeit des Stahls vorschreibt; dieser Druck ist aber noch winzig klein im Vergleich zu den Drucken im Centrum der Erde und Sonne, unter der der härteste Stahl wie das reinste Wasser fliessen würde. Unsere Geschwindigkeiten reichen nicht über einige Kilometer in der Sekunde hinaus, unsere Kräfte nicht über etwa 100 Tonnen pro Quadratzoll; die mechanischen Rotationen nicht über einige hundert in der Sekunde.

Alle diese Thatsachen, die grosse Gefahr Fehler zu machen, was wir auch in Angriff nehmen, die Schwäche der Schlussziehungen unseres Geistes, die Fehlbarkeit von Beobachtern und Experimentatoren machen den Wissenschaftler sehr skeptisch, wenn er irgend einer Behauptung oder einer sogenannten Erkenntnis gegenübertritt. Die Thatsachen und Theorien unserer Wissenschaft sind soviel sicherer als die der Geschichte, des Zeugnisses des gemeinen Volkes, auf dem die Thatsachen der Geschichte im allgemeinen oder die gesetzlichen Bestimmungen ruhen, oder der Wert der Arzneien, auf die wir in der Krankheit uns verlassen, ja des ganzen Machwerkes der vermeintlichen Wahrheit, nach welcher der gemeine Mann seine Meinungen und Handlungen im Leben richtet, dass meine Ausführungen über die Unvollkommenheiten des physikalischen Wissens eine eigentümliche Vorbedeutung enthalten, wenn sie richtig sind. Wie sollen wir, ihnen zufolge,

unsere Denkweise einrichten: ich wüsste nur den einen Weg, nämlich das Sprunghafte des gewöhnlichen, sogenannten gebildeten, gesetzgemässen Geistes zu vermeiden. Es giebt keine absolute Wahrheit und keinen absoluten Irrtum. Der wissenschaftlich Gebildete darf keine Theorie oder Beobachtung für vollständig richtig oder völlig falsch halten; er muss sorgfältig abwägen, wieviel Wahres und Falsches in ihr liegt und sie an die richtige Stelle der Linie, welche zwischen absoluter Wahrheit und absolutem Irrtum zu ziehen ist, setzen.

Der gemeine ungeschulte Geist kennt nur zwei Fächer: eines für Wahrheit und eines für Irrtum; und leider kommt sogar in vielen Fällen der Inhalt beider durcheinander; der ideale, wissenschaftlich gebildete Geist kennt eine unbeschränkte Anzahl von Fächern. Jede Theorie und jedes Gesetz hat ein eigenes Fach, das der Wahrscheinlichkeit ihrer Richtigkeit entspricht. Sowie eine neue Thatsache bekannt wird, bringt sie der Forscher bald in dieses, bald in jenes Fach und versucht, soweit als möglich, den geeigneten Platz zwischen Wahrheit und Irrtum für sie ausfindig zu machen. So war z. B. die Fluidumstheorie der Elektrizität früher einmal nahe bei Wahrheit, die Untersuchungen Maxwells und Faradays haben uns veranlasst, sie jetzt in ein Fach zu bringen, welches fast am Ende beim absoluten Irrtum liegt.

Das Gravitationsgesetz für planetare Entfernungen liegt weit in der Richtung der absoluten Wahrheit und wird doch noch verschiedene Verbesserungen erfahren müssen, ehe es noch weiter auf sie zugerückt werden kann.

Der ideale, wissenschaftliche Geist ist daher fortwährend einer Wage vergleichbar, und muss infolge der kleinsten neuen Erkenntnisse bald nach der einen, bald nach der anderen Richtung hin Verschiebungen eintreten lassen. Er muss dauernd eine zweifelnd kritische Haltung bewahren, und sich bewusst bleiben, dass nichts absolut sicher ist. Er muss vor allem allen Erfahrungen und Theorien der Wissenschaft und allen anderen sogenannten Überzeugungen und Theorien agnostisch gegenüberstehen.

Trotzdem wäre es thöricht, etwa hieraus zu schliessen, dass wir unser Leben nach diesen angenäherten Wahrheiten nicht zu richten brauchten. Die Natur ist unerbittlich; sie straft das Kind, das in Unkenntnis über einen Abgrund schreiten will, nicht weniger streng als den erzogenen, ausgebildeten Fachmann, der die Gesetze des Falles und die Grenzen ihrer Richtigkeit genau kennt. Beide fallen zu Boden und sind beim Falle den Gesetzen der Gravitation unorganischer Körper unterworfen; nur durch die Muskelzusammenziehungen sind sie von letzteren verschieden; die Überzeugung der Person bleibt aber ohne den geringsten Einfluss. Die Naturgesetze sind in dieser Beziehung wohl fest und unabänderlich. Verstehe sie und sie werden uns wohlthätig: wir können sie für unsere Zwecke benutzen und zu Sklaven unserer Wünsche machen. Missverstehe sie, und sie sind Ungeheuer, die uns zu Staub zermalmen können. Wir werden da nicht nach unserer Meinung gefragt: sie wirken unerschütterlich in ihrer Weise, und wir müssen sie entweder zu verstehen suchen oder die Folgen tragen. Unsere einzige Richtschnur bleibt daher, entsprechend dem Stande unserer Kenntnis der richtigen Gesetze zu handeln. Handeln wir demgemäss, dann gut; handeln wir gegensätzlich, so haben wir dafür zu büssen. Bleiben wir unwissend, so gehen wir zu Grunde. Wer kann daher thörichter sein, als wer behauptet, dass unsere Ansicht keine schlimmen Folgen bringt, wenn sie nur ehrlich ist.

Das einzige Kind, die geliebte Frau liegt auf dem Krankenbette. Der Arzt sagt, die Krankheit sei tödlich: ein winziges Pflänzchen, Mikrobe genannt, hat Eingang in den Körper gefunden und wächst auf Kosten seiner Gewebe, indem es im Blute tödliche Gifte erzeugt oder ein Lebensorgan zerstört. Der Arzt steht da, ohne fähig zu sein, irgendwie helfen zu können. Er kommt täglich, und nimmt Kenntnis von der hinsiechenden Kraft seines Patienten, und täglich steht es um diesen schlechter, bis er im Grabe ruht. Und warum konnte dies der Arzt nicht verhindern? Können wir zweifeln, dass es ein Heilmittel giebt, welches den Mikroben tötet oder sein Gift neutralisiert? Warum hat er es nicht angewandt? Er wurde beigezogen, um Heilung zu schaffen, allein ohne Erfolg. Wir bezahlen ihm gern seine Rechnung, da er sein Bestes gethan hat und die Heilung versucht hat. Die Antwort ist Unwissenheit. Das Heilmittel ist noch nicht bekannt. Der Arzt wartet, bis es andere entdecken oder stellt vielleicht selbst rohe und unwissenschaftliche Versuche an, um es zu finden. Erscheint da nicht die Schlussfolgerung gerechtfertigt, dass die Welt den falschen Leuten Geld giebt? Wäre nicht diese Unwissenheit vielleicht beseitigt worden, wenn man vorher das nötige Geld aufgewandt hätte, um sie zu beseitigen? Solche Todesfälle halten manche Leute für ein Werk Gottes. Welche Blasphemie, Gott das Unglück zuzuschreiben, das wir und unsere Vorfahren verschuldet haben, indem aus Selbstsucht die Gründung der nötigen Anzahl von medizinischen Forschungslaboratorien und die Bereitstellung der zur Auffindung der Wahrheit nötigen Mittel versäumt wurde? Ein solcher Todesfall ist ein Mord. Die jetzige Generation büsst für die Sünden der Vergangenheit, und wir sterben, weil unsere Vorfahren ihren Reichtum für Heere und Flotten, für albernen Pomp und gesellschaft-

liche Etikette verschwendeten und versäumt haben, uns Einsicht in die Naturgesetze zu verschaffen. In diesem Sinne waren sie die Mörder und Räuber an zukünftigen Generationen von Millionen noch nicht Geborener und haben die Welt zu einem Spital und einer Stätte der Trauer gemacht, während sie zu einer Stätte des Friedens und Glückes hätte werden können. Nur, dass sie selbst nicht wussten, was sie thaten, kann sie entschuldigen, aber eben diese Entschuldigung stellt sie in eine Reihe mit ungebildeten Wilden, deren Handlungen sich nur nach selbstischen Wünschen richten und nicht nach der Vernunft und den Forderungen der Pflicht. Möge die jetzige Generation sich warnen lassen, damit nicht dieser Tadel später auch sie trifft, denn sie kann in dieser Hinsicht nicht die Unwissenheit als Entschuldigung vorschützen.

Ich wählte dieses Beispiel aus der Heilkunde, da sie uns alle angeht. Allein es stehen ja alle Wissenschaften miteinander in Zusammenhang und müssen gemeinsam fortschreiten. Der menschliche Körper ist ein chemisches und physikalisches Problem, und diese Wissenschaften müssen daher fortschreiten, ehe wir der Krankheiten Herr werden können.

Doch, wer der Physik treu ergeben ist, bedarf eines derartigen Spornes nicht, um zu schaffen. Die Heilung von Krankheiten ist eine sehr notwendige Sache und es kann nichts Edleres geben, als ein Leben, das ihr gewidmet ist.

Aber die Ziele des Physikers sind zum Teil rein intellektuell; er ringt nach einem Verständnis der Welt der geistigen Freude wegen, welche ihm seine Arbeit verschafft, und schöpft Erhebung aus der Gewissheit, dass das Studium der Geheimnisse der Natur der geeignetste Weg ist, auf dem die Menschheit schliesslich zum höchsten Gut und Glück gelangen wird.

Wo sind nun da die grossen Forschungslaboratorien in unserer Stadt, in unserem Lande, oder vielmehr in der Welt? Hier und da sehen wir einige jämmerliche Gebäulichkeiten mit ein paar Hunger leidenden Professoren, die im edlen Streben mit den ihnen zur Verfügung stehenden Mitteln ihr Bestes thun. Aber wo in der Welt ist ein rein wissenschaftliches Institut irgend eines Faches, das jährlich 100000000 Dollars einnimmt? Wo kann der wissenschaftliche Forscher einer reinen Wissenschaft mehr verdienen als die Löhnung eines Handwerkers oder Kochs? Und doch sind 100000000 Dollars im Jahr die Kosten, die eine Armee oder Flotte verschlingt, die den Zweck haben, andere zu töten. Denken wir nur daran, dass auch nur ein Prozent dieser Summe den meisten Leuten zu teuer erscheint, wenn es sich darum handelt, unsere Kinder und Nachkommen vor Elend und selbst vor dem Tod zu schützen.

Das zwanzigste Jahrhundert ist nahe – dürfen wir nicht hoffen, dass die Verhältnisse besser werden, bevor es zu Ende geht? Dürfen wir nicht hoffen, beim Volk im Grossen in dieser Richtung Einfluss zu erreichen? Wohlan denn, vorwärts, mit Vertrauen auf die Würde unserer Bestrebungen? Lassen sie uns den Kopf hochhalten, mit reinem Gewissen, während wir die Wahrheit suchen. Möge die amerikanische physikalische Gesellschaft jetzt und in Zukunft das ihrige thun, wo es gilt, die Lösung des grossen Problems des Baues und der Gesetze des Universums zu versuchen.

(Aus dem Englischen übersetzt von K. T. Fischer, München.)

(Eingegangen 21. Juni 1901.)

REFERATE.

Elektrotechnik.

Besorgt von Professor Dr. Th. Des Coudres.

E. Orlich, Über Einrichtungen und Methoden zur Prüfung von Wechselstromzählern in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. (E. T. Z. 1901, S. 94.)

Die vorliegende Mitteilung bildet eine Ergänzung des Aufsatzes von Feussner: „Über das Prüfungsverfahren für Gleichstrom-Elektrizitätszähler in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt."[1]) Während Gleichstromzähler mit Strömen bis zu 10000 Amp. und mit Spannungen bis 840 V. geprüft werden können, reichen gegenwärtig die für Wechselstromprüfungen getroffenen Einrichtungen bis zu 500 Amp. und 1000 V.; es wird jedoch beabsichtigt, das Messbereich für die Prüfungen der letzteren Art auf 1000 Amp. und 3000 V. zu erweitern.

Die Zählerprüfungen werden, wie bei den Gleichstrommessungen, gewöhnlich mit getrennten Kreisen für die Hauptstrom- und die Spannungsspulen ausgeführt. Als Energiequelle dient eine dreiphasige Wechselstrommaschine, welche durch einen mit Akkumulatorenstrom gespeisten Gleichstrommotor sehr gleichmässig angetrieben werden kann. Der Hauptstrom wird dem Drehstromgenerator mittelst eines Transformators entnommen, welcher die Maschinenspannung auf die für die Stromspulen erforder-

1) Feussner, E. T. Z. 1900, S. 1035.

liche geringe Spannung herabtransformiert; er kann durch einen der Primärwickelung des Transformators vorgeschalteten Kurbelwiderstand, ferner durch einen den Zählerspulen parallel geschalteten Gleitbandwiderstand kontinuierlich verändert werden. Um der Spannung, welche den Nebenschluss-Stromkreis der Zähler speist, die gewünschte Phasenverschiebung gegen den Hauptstrom geben zu können, wird an den Generator ein asynchroner Drehstrommotor angeschlossen, dessen mit Schleifringen versehener Läufer in beliebige Stellung zum Ständer gebracht werden kann, während der Messung aber feststeht. Die in der Läuferwickelung durch das Drehfeld des Motors erzeugte Spannung wird durch einen zweiten Transformator den Spannungsspulen der Zähler zugeführt. Die Bestimmung der so erhaltenen Phasenverschiebung erfolgt aus den Angaben der eingeschalteten Spannungs-, Strom- und Leistungsmesser. Unter den zur Verwendung kommenden Messinstrumenten ist neben einigen Hitzdrahtinstrumenten, Strom- und Wattwagen nach Lord Kelvin, Wattmetern von Helios und Siemens & Halske das Quadrantelektrometer (Hallwachs) hervorzuheben, welches als Wattmeter ebenso bequeme Verwendung findet wie als Strom- und Spannungsmesser. Zur Wattmessung sind die Spannungspole an Nadel und Gehäuse angeschlossen, während die beiden Quadrantenpaare an den Klemmen eines in den Hauptstrom eingeschalteten Normalwiderstandes liegen; ausserdem muss ein Quadrantenpaar mit dem Gehäuse verbunden sein. Der Kontrolle halber sind während der Aichung zwei Wattmeter eingeschaltet. Häufig findet auch ein Normalzähler mit bekannten Korrektionen Verwendung. Die Zeitbeobachtungen erfolgen ebenso wie bei den Gleichstromprüfungen mit einem Doppelzeitschreiber oder einer Arretieruhr. Desgleichen sind die Zuleitungen zu den Apparaten in ähnlicher Weise und unter denselben Vorsichtsmassregeln verlegt wie bei den Gleichstromaichungen.

Nachdem die vorgeschriebene Betriebsspannung eine halbe Stunde lang an den unbelasteten Zähler gelegt ist, werden Messungen mit den Stromstärken $0{,}2 \times J_{max}$, $0{,}6 \times J_{max}$ und J_{max}, jedesmal bei $\cos\varphi = 1$, hierauf zwei weitere Messungen mit J_{max} bei $\cos + \varphi = 0{,}6$ und $= 0{,}2$ vorgenommen. Nach Ausführung einer derartigen Messreihe steht der Zähler eine Stunde lang unter maximaler Belastung; alsdann wird die ganze Beobachtungsreihe in umgekehrter Richtung wiederholt, so dass der Zähler 2 bis 3 Stunden mit der maximalen Stromstärke belastet bleibt. Die Aichung selbst wird in den seltensten Fällen durch Ablesen des Zifferblattes ausgeführt, sondern meistens nach der weniger Zeit beanspruchenden Methode, dass bei Motorzählern die Umdrehungszahl der Motorachse, bei Pendelzählern der Unterschied der Pendelschwingungen bestimmt wird.

Die geschilderten Einrichtungen gestatten sicherlich die für Zähleraichungen erforderliche Genauigkeit jederzeit leicht zu erreichen. Da von einer Einregulierung der Kurvenform des zur Aichung benutzten Wechselstromes nicht Erwähnung geschieht, scheint ein Einfluss der letzteren auf die Konstante der mit Eisen versehenen Zähler nicht befürchtet zu werden.

C. Déguisne.

(Eingegangen 10. Juli 1901.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Kohlrausch, F., Lehrbuch der praktischen Physik. Neunte umgearbeitete Auflage des Leitfadens der praktischen Physik. gr. 8. XXVII u. 610 S. 1901. Leipzig, B. G. Teubner. Geb. M. 8.60.

Thompson, Silvanus P., Die dynamoelektrischen Maschinen. Ein Handbuch für Studierende der Elektrotechnik. 6. Auflage. Nach C. Grawinkels Übersetzung neu bearbeitet von K. Strecker und F. Vesper. gr. 8. Erster Teil. Mit 271 in den Text gedruckten Abbildungen und 11 grossen Figurentafeln. XI u. 374 S. 1900. Zweiter Teil. Mit 270 Abbildungen und 10 Tafeln. XII u. 432 S. 1901. Halle a. S. Wilhelm Knapp. à M. 12.—

Tagesereignisse.

Die Stadt Amalfi veranstaltet in diesem Monat eine grosse Feier zu Ehren des Flavio Gioja aus Amalfi, der um 1300 lebte und als Erfinder des Kompasses gilt. Zwar kannte man nicht nur bei den Chinesen, sondern auch in Europa schon vor ihm die Nordweisung der Magnetnadel, konnte sie aber zur See nicht gebrauchen, weil sie an den Schwankungen und der Drehung des Schiffes teilnahm. Nach den Untersuchungen von Dr. Breusing ist es Giojas Verdienst, diese Mängel beseitigt zu haben, indem er die Strichrose auf die Magnetnadel legte und mit dieser fest verband.

Personalien.

Die Königlich Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften hat die Professoren Arthur von Oettingen in Leipzig und Ernst Abbe in Jena zu ordentlichen Mitgliedern der mathematisch-physischen Klasse gewählt.

An der technischen Hochschule in Berlin habilitierten sich für Eisenbahn- und Transportmaschinenbau Max Buhle, für Meteorologie Dr. Kassner.

Der Professor der Philosophie an der Universität Wien E. Mach tritt in den Ruhestand.

Die philosophische Fakultät der Universität Zürich hat sechs Dozenten der mechanisch-technischen Abteilung des eidgenössischen Polytechnikums zu philosophischen Ehrendoktoren ernannt, nämlich die Herren A. Fliegner (Maschinenlehre), J. Franel (höhere Mathematik), F. Prasil (Maschinenbau), A. Stodola (Maschinenbau), W. Wyssling (Elektrotechnik) und K. Zschokke (Wasser- und Hochbau).

An der Universität Kiel hat sich Professor Weinholdt von der Marine-Akademie für Mathematik habilitiert.

An der Universität Würzburg hat sich Dr. G. Rost für Mathematik habilitiert.

Giovanni Ossanna, Oberingenieur der Firma Siemens & Halske (A.-G. Wiener Werk), wurde als Professor der Elektrotechnik vom 1. Oktober dieses Jahres an die Königliche Technische Hochschule nach München berufen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.